

ΣΗΡΑΓΓΑ ΑΝΗΛΙΟΥ – ΑΣΤΟΧΙΑ ΠΡΑΝΟΥΣ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ

Η.Σωτηρόπουλος – Δρ.Ν.Μουρτζάς

1. Εισαγωγή

Ο όρος «αστοχία» χρησιμοποιείται εδώ με την έννοια μιάς μή «αποδεκτής απόκλισης» ανάμεσα στην πρόβλεψη και τη συμπεριφορά.

Επειδή στην περίπτωση του ανατολικού μετώπου της σήραγγας Ανηλίου, η «αστοχία» δεν συνοδεύεται από κάποιας μορφής κατάρρευση, έστω και μικρής έκτασης πρानούς, αλλά παρά ταύτα έγινε ανασχεδιασμός των έργων του μετώπου, θα πρέπει να διευρυνθεί η έννοια του όρου «αστοχία» και να προσδιορισθεί το μέγεθος της «απόκλισης» σε όλη τη διαδρομή του έργου μελέτης και κατασκευής, για να καταγραφούν τα μεγέθη των καθοριστικών «αποκλίσεων», για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Παρακάτω παρουσιάζονται οι αποκλίσεις σε ότι προβλεπόταν και επίσης ο ανασχεδιασμός του έργου για την αντιμετώπιση της «αστοχίας».

2. Το «Περιβάλλον» του έργου

Για να προσδιορισθεί ο βαθμός απόκλισης, μεταξύ προβλεπόμενη και πραγματικής κατάστασης, θα πρέπει να γίνει θεώρηση του συνολικού περιβάλλοντος του έργου και της συμμετοχής κάθε παράγοντα στην απόκλιση αυτή.

Το «περιβάλλον» μιάς σήραγγας δεν είναι μόνο το «φυσικό» περιβάλλον από τη άποψη της μορφολογίας και της γεωλογίας. Είναι και το σύνολο των «θεσμικών» παραγόντων που καθορίζουν τη διαδρομή από τη σύλληψη του έργου προς τη μελέτη και παραπέρα προς την κατασκευή.

Ετσι το περιβάλλον του έργου είναι :

- Το «φυσικό» μορφολογικό, γεωλογικό, γεωτεχνικό, που όμως είναι δεδομένο και βέβαια έχει καθοριστική συμμετοχή αλλά και
- Το «θεσμικό» περιβάλλον που προδιαγράφει τον κύκλο γεωτεχνική έρευνα, μελέτη, κατασκευή, επίβλεψη, λειτουργία του έργου.

Για έργα όπως η σήραγγα Ανηλίου στο μέγεθος της απόκλισης της πρόβλεψης από τη συμπεριφορά (αστοχίας) είναι δυνατόν να πρωταγωνιστήσει το «φυσικό» αλλά και το «θεσμικό» περιβάλλον. Ετσι ένα συμπέρασμα που μπορεί να διατυπωθεί είναι: Η μελέτη μιάς σήραγγας που δομείται σε συγκεκριμένο «φυσικό» περιβάλλον οφείλει να είναι διαφορετική για κάθε διαφορετικό «θεσμικό» περιβάλλον.

3. Αποκλίσεις (αστοχίες) στη διαδρομή του έργου

Για το ανατολικό μέτωπο οι σταθμοί της διαδρομής ήταν :

Χάραξη : Υποχρεωτική, λόγω της ύπαρξης της σήραγγας Μετσόβου, παρά το γεγονός ότι με γεωλογικά κριτήρια θα επιλέγονταν μετακίνηση του μετώπου προς Νότο. Συνεπώς υποχρεωτικά μηδενική απόκλιση πρόβλεψης και πραγματικότητας.

Γεωτεχνικές έρευνες : Λόγω της γεωλογικής – γεωτεχνικής πολυπλοκότητας της περιοχής ζητήθηκε η διάνοιξη δύο μεγάλων ερευνητικών τάφρων στους άξονες των σηράγγων για να αναδυθούν τα προβλήματα της στρωματογραφίας και του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα. Ελλείψει απαλλοτριώσεων δεν διανοίγησαν οι τάφροι. Υπήρχε ελάχιστη πληροφόρηση από 2 γεωτρήσεις μόνον.

Συμπέρασμα, μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στις προγραμματισμένες έρευνες και σε αυτές που εκτελέστηκαν.

Μελέτη σήραγγας : Εφ'όσον επελέγει η μέθοδος NATM, αποφασίστηκε η συμμετοχή στη μελέτη Αυστριακής γεωλογικής – γεωτεχνικής ομάδας (GROUP 3-G) που είναι για τη NATM γνήσιοι εκφραστές της.

Βασική προϋπόθεση της επιτυχίας της μεθόδου NATM και της αντίστοιχης μελέτης είναι η συνεχής και συστηματική παρουσία πολυπληθούς ομάδας γεωτεχνικών στην κατασκευή, με συνεχείς και εκτεταμένες μετρήσεις συμπεριφοράς του έργου και η άμεση «διόρθωση» της μελέτης.

Αυτό προϋποθέτει ένα «θεσμικό» πλαίσιο που προβλέπει αυτής της έκτασης παρουσία και επέμβαση των γεωτεχνικών.

Από την άποψη αυτή υπάρχει απόκλιση στο υποτιθέν και το πραγματικό πλαίσιο και η μελέτη της σήραγγας οφείλει να προσαρμοστεί στο διαμορφωμένο ήδη «θεσμικό» περιβάλλον.

4. Η ταυτότητα της αστοχίας

Στο ανώτερο Νότιο τμήμα του προσωρινού πρανούς της εκσκαφής παρουσιάστηκε αποκόλληση (ρηγμάτωση) τμήματος του πρανούς (φωτογραφίες 1, 2) , με σύγχρονη εμφάνιση μεγάλης υδροφορίας (Σχ.1). Δεν υπήρξε ανατροπή του πρανούς διότι η ρηγμάτωση βοήθησε σε σύντομη εκτόνωση των υδροστατικών πιέσεων. Το πρανές είχε σχετικά ήπια κλίση 2:3 (κ:ο).

Για τη σταθεροποίηση του πρανούς προτάθηκε και κατασκευάστηκε σταθεροποιητικό πρίσμα λιθορριπής (Σχ.1 και Σχ.2).

Η τοποθέτηση πρίσματος της λιθορριπής λειτούργησε όπως αναμενόταν σταθεροποιητικά. Η μείωση του ρυθμού των μετακινήσεων φαίνεται στο (Σχ. 3).

Από τα ανύσματα των μετακινήσεων φαίνεται μια τάση μετακίνησης κατά την τομή A-B (Σχ.1).

Η εκτέλεση ενός προγράμματος 18 γεωτρήσεων διατύπωσε τη χαοτική υδροφορία και διευκρίνισε, ως ένα βαθμό, το γεωλογικό καθεστώς της περιοχής του έργου. Μέχρι τότε, η γεωλογική πολυπλοκότητα και ο περιορισμένος αριθμός γεωτρήσεων δεν επέτρεψε τη σύνταξη γεωλογικών τομών, με αποδεκτή σαφήνεια, με μόνο εργαλείο την επιφανειακή γεωλογία.

5. Τεχνικογεωλογικές – Γεωτεχνικές ενότητες

Από την αξιολόγηση 18 γεωτρήσεων που εκτελέστηκαν στο Α μέτωπο, τα εργαστηριακά αποτελέσματα, τη μακροσκοπική εξέταση των μετώπων των εκσκαφών, τις μετρήσεις των πιεζομέτρων και τη γεωλογία επιφανείας, καθορίστηκαν οι τεχνικογεωλογικές ενότητες που εμφανίζονται στη γεωλογική τομή (Σχ.2).

Η εμφάνιση υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με αρτεσιανές πιέσεις ήταν ένα στοιχείο έκπληξης, δεδομένου ότι πριν από την εκτέλεση των 18 γεωτρήσεων δεν υπήρχαν επαρκείς πληροφορίες. Το νερό εμφανιζόταν κατά κανόνα στην επαφή των εδαφικών σχηματισμών με το υπόβαθρο και ισορροπούσε περί την επιφάνεια. Στις θέσεις μεγάλου εδαφικού καλύμματος (14÷20m) η στάθμη εμφανίστηκε εντός του πάχους του καλύμματος.

6. Επιλογή μεθόδου κατασκευής τεχνικού μετώπου

Καθοριστικός παράγοντας στην επιλογή του τρόπου αντιμετώπισης, ήταν το καθεστώς του υπό πίεση υπογείου ορίζοντα και η διάθεση μετακίνησης κατά τη διεύθυνση A-B (Σχ. 1).

Όταν αποφασίστηκε ο ανασχεδιασμός του τεχνικού του μετώπου οι επιλογές ήταν δύο:

(α) Πρώτη επιλογή : Κατασκευή συνεχούς πασσαλοφράγματος, σε σχήμα τόξου και σε μήκος περίπου 50 μ. ανάντη του εκσκαφέντος πρανούς που εμφάνισε αστάθεια, όπου το βάθος του βραχώδους υποβάθρου ήταν μικρό. Στη συνέχεια αφαίρεση των χαλαρών υλικών κατάντη του τοίχου, που οδηγούσε σε αποφόρτιση της περιοχής του τεχνικού. Η λύση αυτή απλούστερη και οικονομικότερη δεν υιοθετήθηκε διότι υπήρχε πάντοτε το ενδεχόμενο γεγονός της γεωλογικής αποσταθεροποίησης και η δημιουργία μεγάλης τάξεως προβλημάτων.

(β) Δεύτερη επιλογή : Επανεπίχωση της περιοχής ώστε το επίχωμα να λειτουργήσει σταθεροποιητικά τόσο για τα επιφανειακά υλικά, όσο και για τα βαθύτερα για το καθεστώς τεκτονικής ισορροπίας, που ήταν αβέβαιο. Αποφασίστηκε η δεύτερη επιλογή στην περιοχή της επέμβασης.

7. Μέθοδος κατασκευής

Η μέθοδος κατασκευής προβλέπει :

- Κατασκευή επανεπίχωσης κατά στρώσεις μέχρι της τελικής επιφάνειας. Ως υλικό επανεπίχωσης χρησιμοποιήθηκε υλικό περιδοτίτη, από δανειοθάλαμο πλησίον του έργου.
- Αποστράγγιση των πρανών. Εγινε με διάνοιξη οριζοντίων στραγγιστικών γεωτρήσεων που καλύπτουν τα πρανή εντός της περιοχής των έργων αλλά επίσης και τμήμα των φυσικών πρανών, πέραν των διαμορφωθέντων με τις εκσκαφές.
- Σύστημα Cut+Cover για ύψη εκσκαφών μέχρι 10m και μέθοδο Cover+Cut για μεγαλύτερα ύψη εκσκαφής.

Το σύστημα αντιστήριξης περιλαμβάνει :

- Πασσάλους Ω.Σ. με λειτουργία προβόλου, εσωτερικές μεταλλικές αντηρίδες για την αντιστήριξη των πασσάλων από Ω.Σ., προσωρινά. Θολωτή πλάκα Ω.Σ. για μεγάλα ύψη εκσκαφής, πέραν των 10μ. με έδραση σε δεύτερη σειρά πασσάλων Ω.Σ. εναλλάξ προς τους εξωτερικούς.
- Εκσκαφή μέχρι την ερυθρά και εκσκαφή βαθύτερα για την κατασκευή ανάστροφου τόξου.

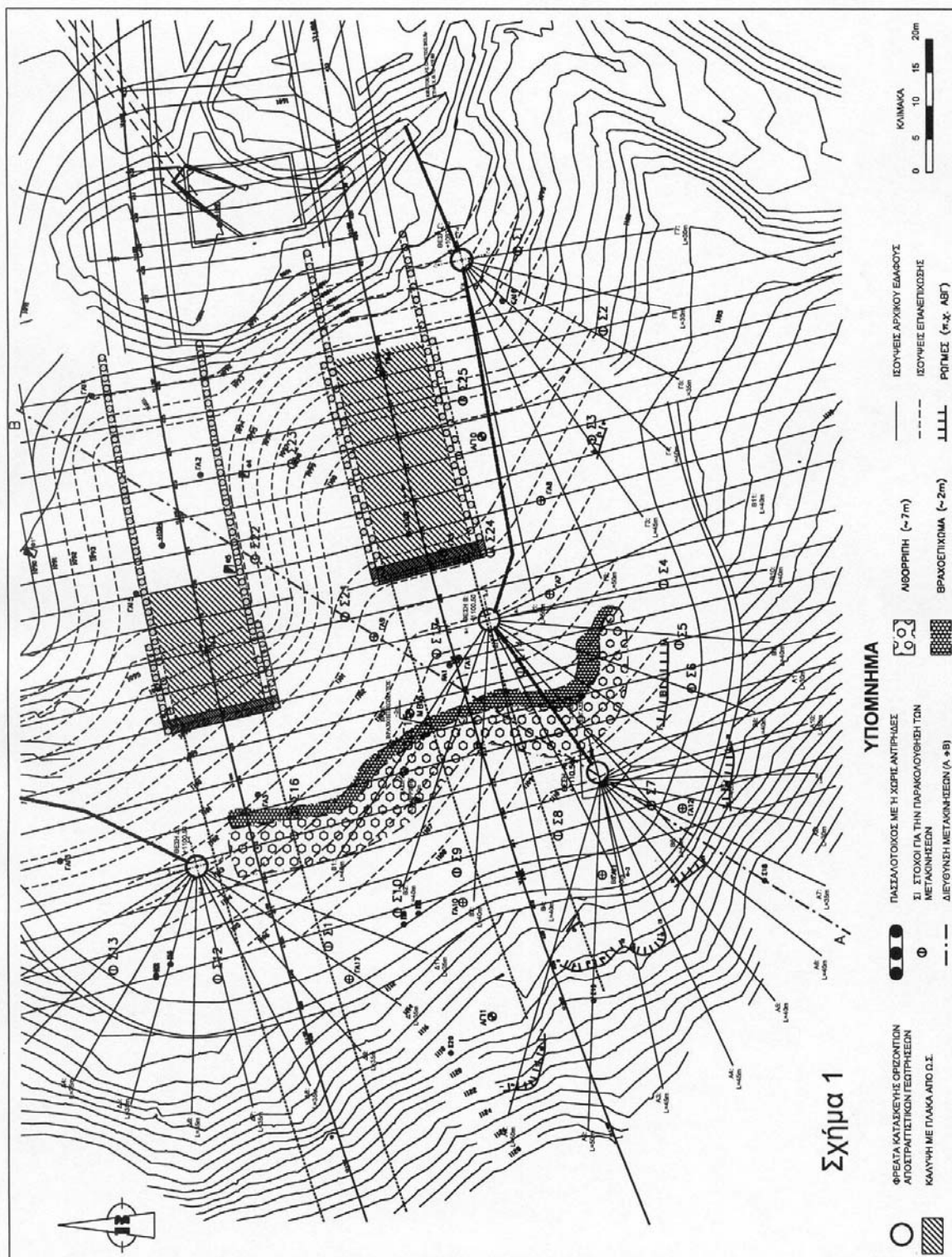
Η αλληλουχία των φάσεων εκσκαφής και τα μέλη κάθε συστήματος παρουσιάζονται στα Σχ. 4, Σχ. 5 και Σχ. 6.

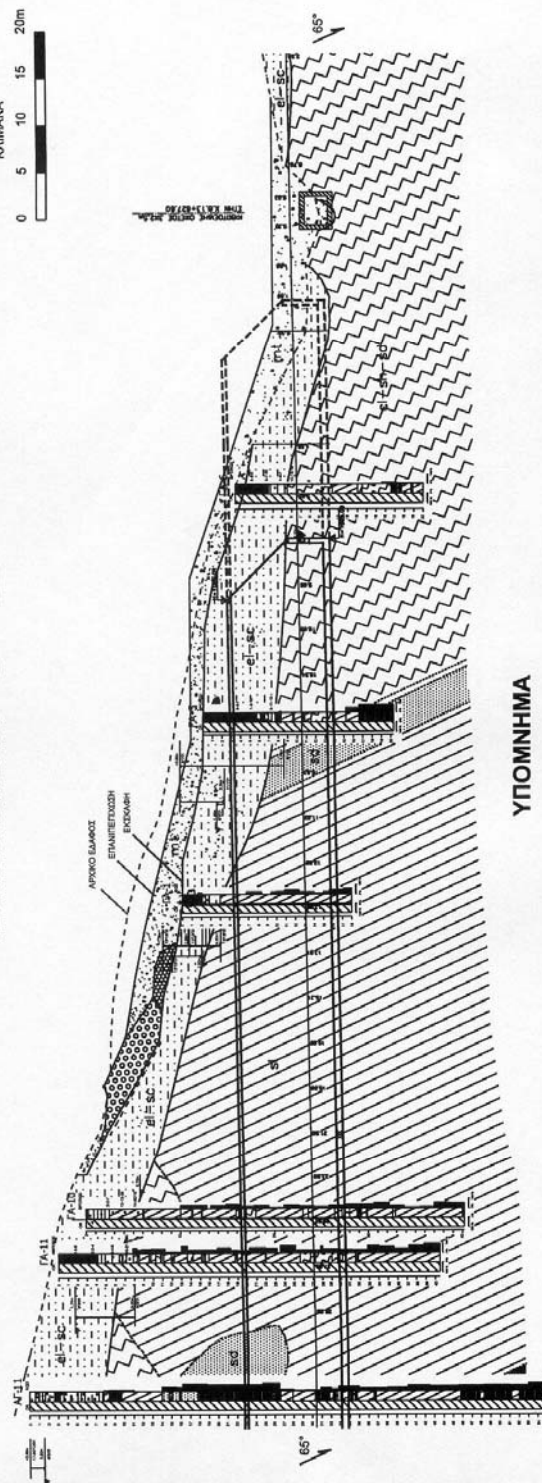
8. Συμπεράσματα

Στην «αστοχία» συμμετοχή είχε και το «φυσικό» και το «θεσμικό» περιβάλλον. Η «αστοχία» μικρού ύψους πρανούς, εκτός μονίμου έργου, ανέδειξε τον πρωταγωνιστικό ρόλο της υπό πίεση υδροφορίας, που δεν ήταν γνωστή.

Επελέγει για επέμβαση η λύση που δεν θα δημιουργούσε διάθεση βαθύτερων μετακινήσεων με την κατασκευή επιχώσεως αντί πασσαλοφράγματος και εκσκαφής.

Η επίχωση αύξησε το βάθος εκσκαφής για την κατασκευή του έργου και οδήγησε σε μέθοδο κατασκευής Cut+Cover με φρεατοπασσάλους και μέθοδο Cover+Cut με κατασκευή θολωτής πλάκας και φρεατοπασσάλους.



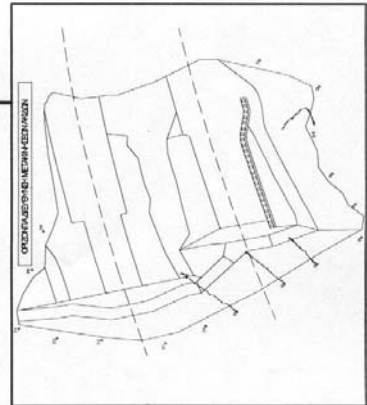
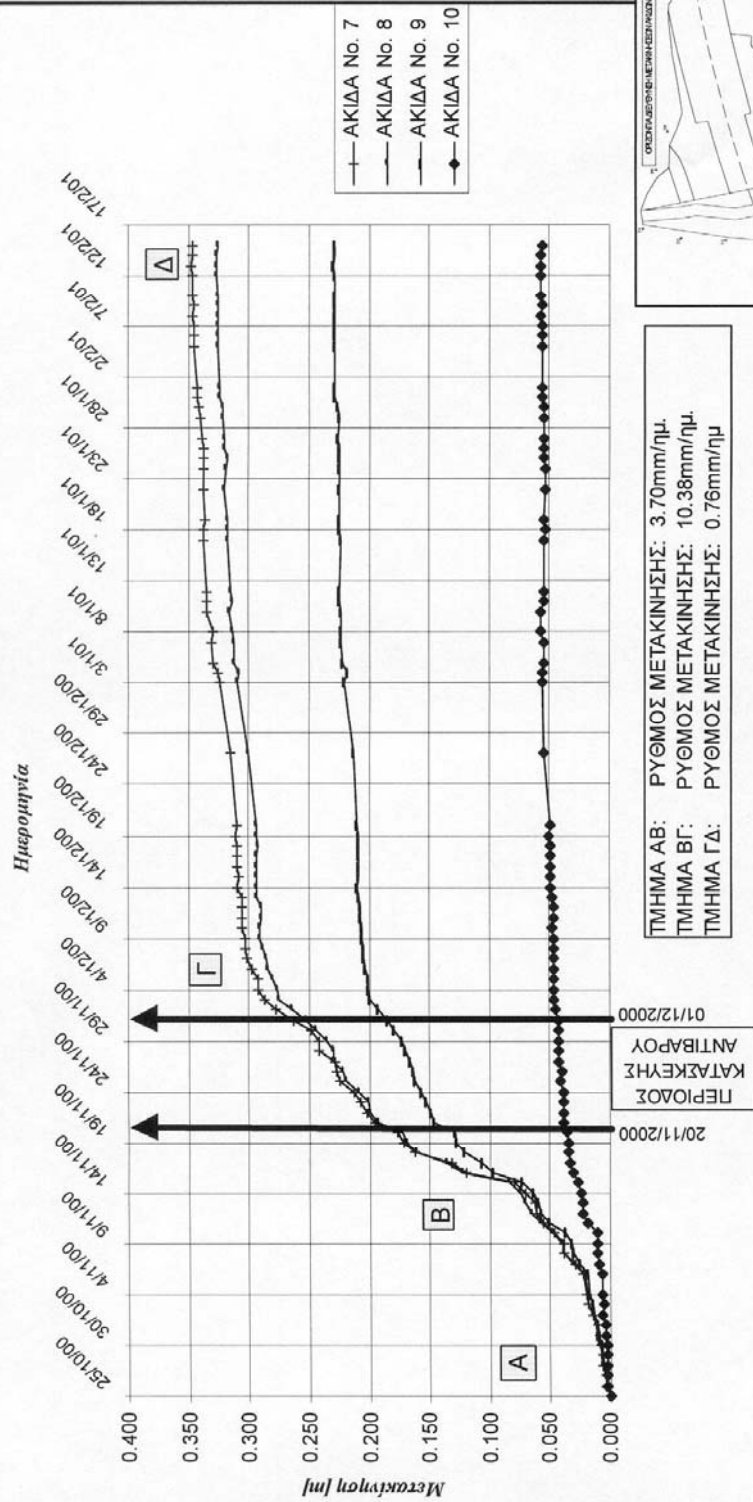


- **Τεχνικές επιχωματώσεις :** Πρόκειται για υλικά επαντετικοποίησης της επιφάνειας πετοχής του μετώπου της στήριξης και διακρίνονται σε :
 - Υλικά επιχώσεων σχηματισμών τεκτονικών κορμημάτων του υπεράκτιου από αμμοβόλους αργίλους έως αργιλοειδείς χαλίκιους πετρώματα που περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό οφιολιθικά λαπίττες μεγέθους 0.04m x 0.02m.
 - Υλικά βροχοεπιχώματος από αμμοβόλους ψαμμίτη διαστάσεων 2m x 1m.
 - Υλικά από αμμοχαλίκους αποθέσεις χειμάρρων.
- **Αποθέσεις κλίτους και προσχηματικές αποθέσεις χειμάρρων :** αποτελούν από αμμοβόλους αργίλους έως αργιλοειδείς χαλίκιους, καστανού έως καστανόχρωμο χρώματος. Περιέχουν σε αυξημένο ποσοστό θραύσματα, λαπίττες, γυμνολιθ τεμάχια και ογκοειδούς ψαμμίτη.
 - **Σχηματισμοί τεκτονικού μήκματος :** Πρόκειται για έντονα τεκτονικά καταπονημένους σχηματισμούς. Διακρίνονται σε :
 - λυσιθελείς φυλλωδείς ελαστοματώδους στρώσεις, τεράστιο, περιεχόμενο και ερυθρόχρους χρώματος, έντονα σταυρομήκτους. Το RQD του σχηματισμού σπάνια υπερβαίνει το 25 %.
 - έντονα κρηματισμένες ζώνες υπό μορφή λατινών μέσου μεγέθους 0.04m x 0.03m και ζώνες αργιλοποίησης του σχηματισμού του υποβάθρου υπό μορφή συμπαγών αργίλων έως αργιλοειδών άμμων, τερομοειδών έως ερυθρότερον χρώματος που περιέχουν σε κυμαινόμενο ποσοστό λατίτες λυσιθελών και ψαμμίτων μεγέθους 0.02 m x 0.01m έως 0.10m x 0.03m.
- **Αποθέσεις φάσης του ελώση :** Αποτελείται από λυσιθελείς τεράστιο και κατά τμήματα ερυθρόχρους χρώματος, αμμοβόλους, ιαυδοκούς όλης στη θράση, σε στρώσεις πάχους 0.10m έως 0.15m. Οι επιφάνειες των στρώσεων παρουσιάζουν επιρρεπείς λείες, επιρρεπείς, κυματοειδείς, γλωστές, απτές μεταξύ τους 0.04m - 1m και είναι υγρές. Το RQD του σχηματισμού κυμαίνεται από 30% έως 100% με μέση τιμή 50%.
- **Ψαμμιτική φάση του ελώση :** Αποτελείται από τερομοειδούς ψαμμίτες, λατιτοκούς έως χονδροκούς, ψηφιστάτες κατά θέσεις, σε στρώσεις με κλίση 80° επιρρεπείς λείες, κυματοειδείς, υγρές, κλαστές, κενές. Το RQD του σχηματισμού κυμαίνεται από 70° - 100°.

Σχήμα 2

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΜΕΤΩΠΙΟ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΑΝΗΛΙΟΥ

Διάγραμμα Μετακίνησης Ακίδων Κατά ΔΧ

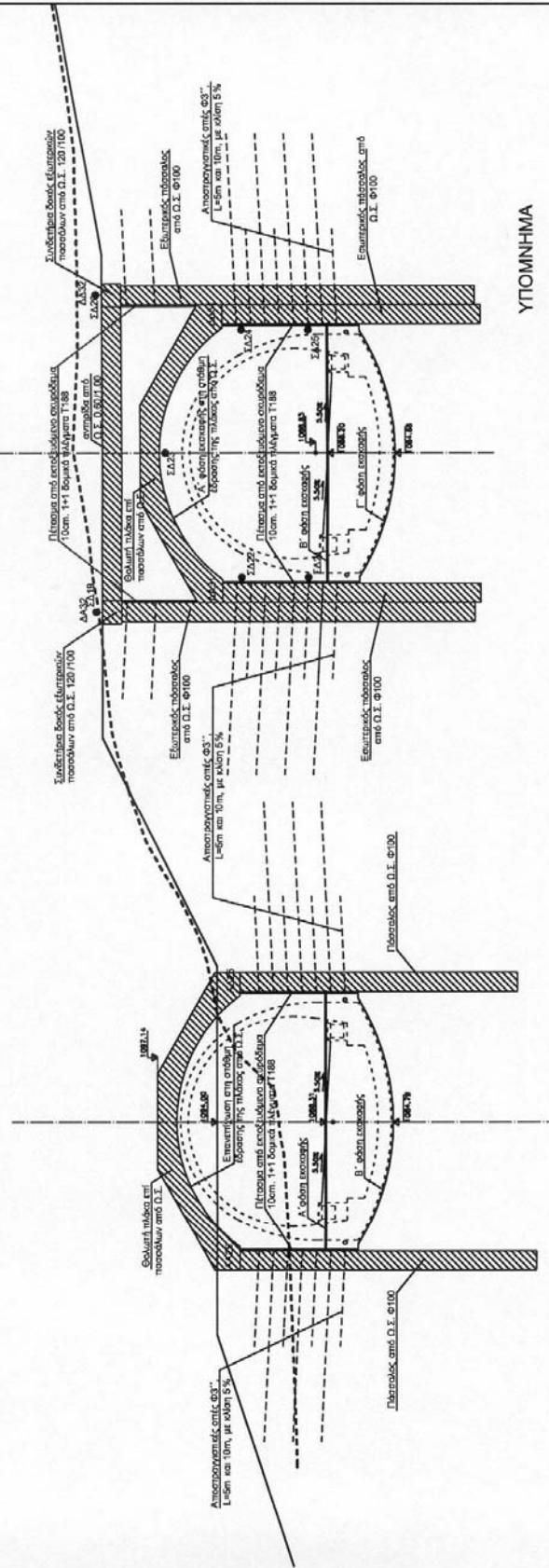


Σχήμα 3

ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΩΝ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΑΝΗΛΙΟΥ

αριστ. κλάδος Εγνατίας

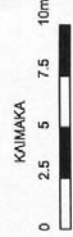
δεξιός κλάδος Εγνατίας

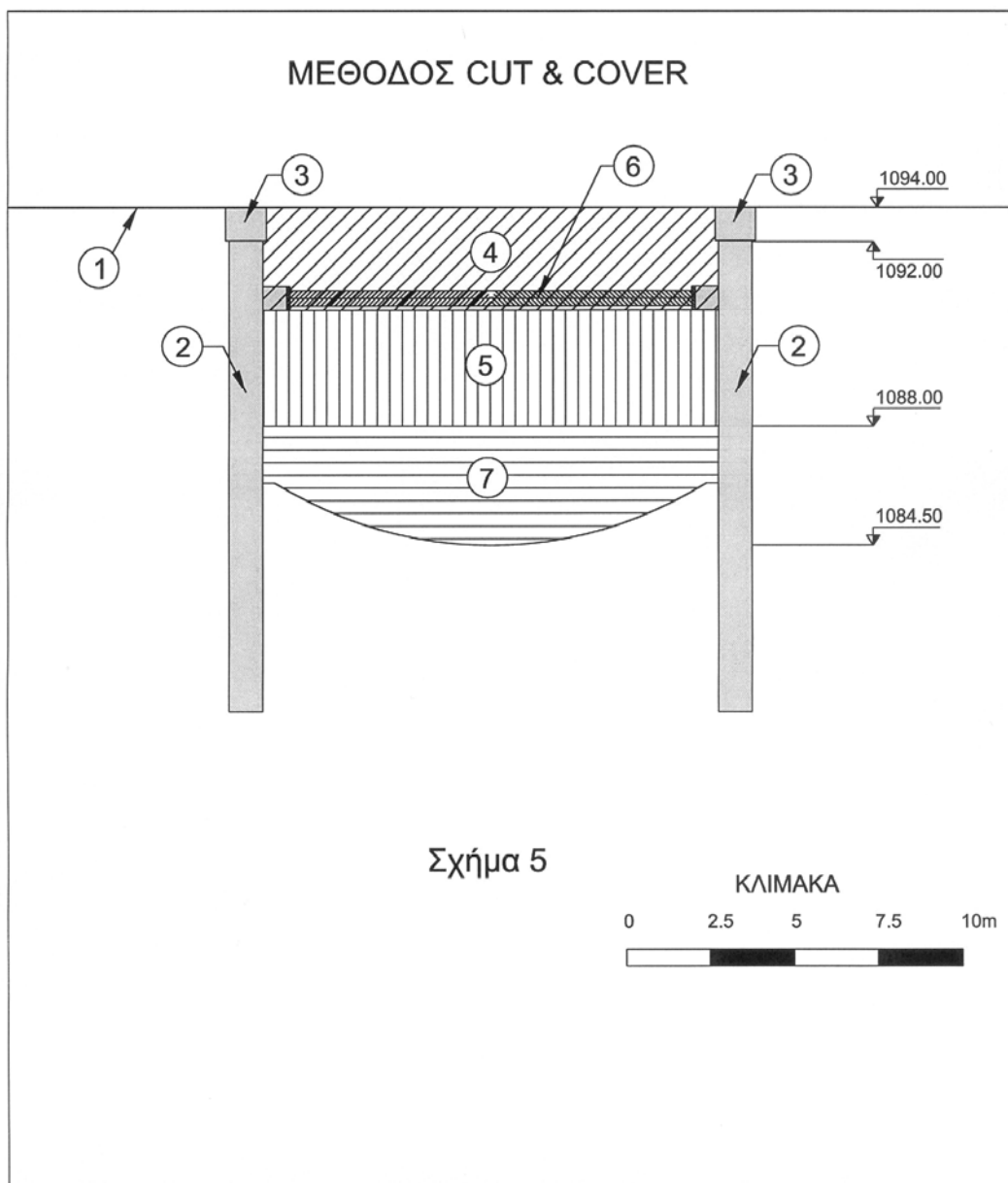


ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- ΑΡΧΙΚΟ ΕΛΑΦΟΣ
- ΕΠΑΝΙΠΤΙΧΩΣΗ
- ΓΡΑΜΜΗ ΕΚΣΤΡΩΣΗΣ Α' ΦΑΣΗΣ
- ΓΡΑΜΜΗ ΕΚΣΤΡΩΣΗΣ Β' ΦΑΣΗΣ
- ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΟΠΕΣ 3" ΜΗΚΟΥΣ 5 m ΚΑΙ 10m.
- ΣΑΙ - ΣΔ] ΑΚΙΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ

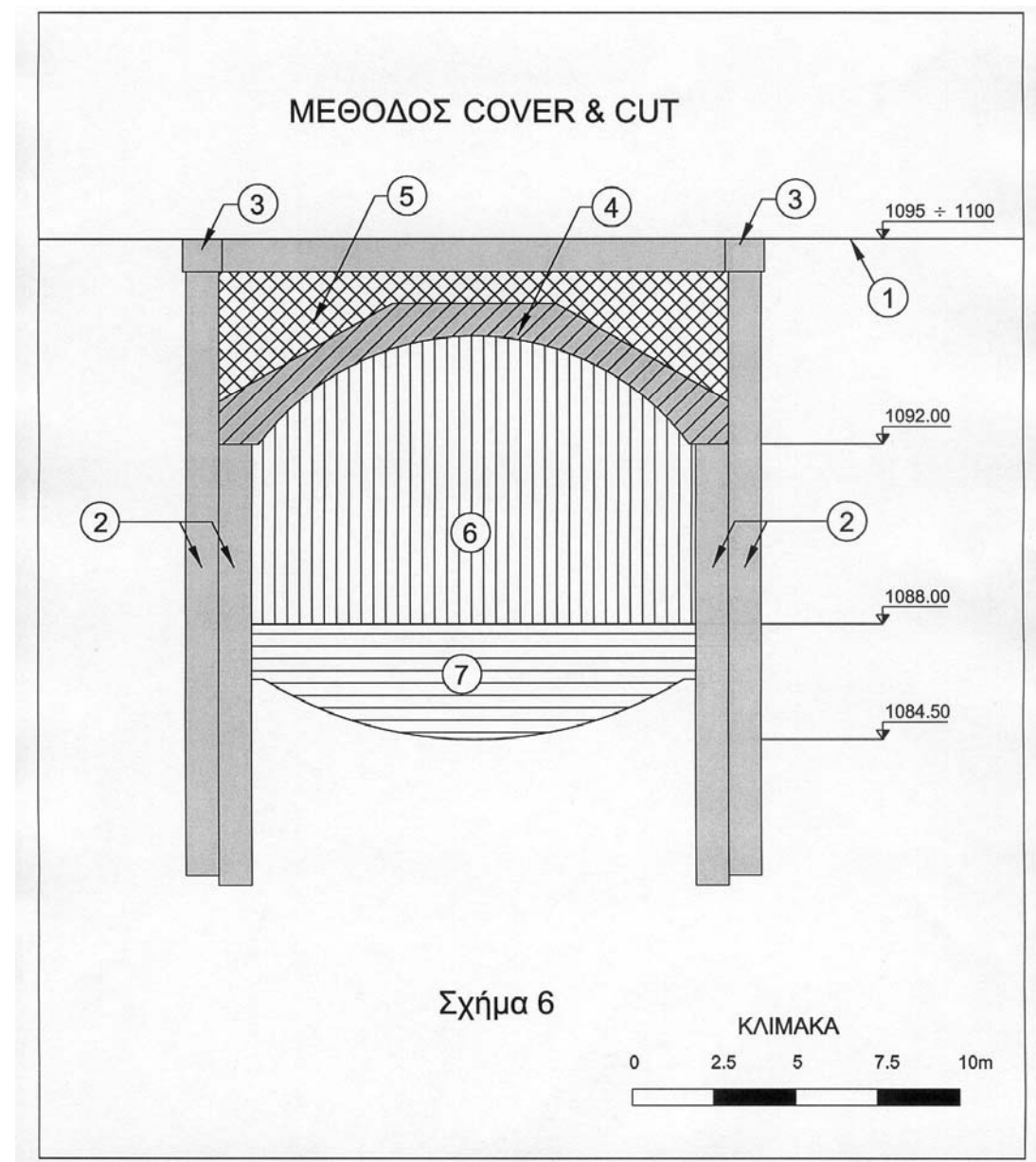
Σχήμα 4





Σειρά Εργασιών

- (1) Επίχωση
- (2) Κατασκευή πασσάλων Ω.Σ. Φ100 cm.
- (3) Κατασκευή δοκού Ω.Σ., κεφαλόδεσμου
- (4) Εκσκαφή μέχρι στάθμη +1092 για την κατασκευή δοκού Ω.Σ. (70X70μ.) στήριξης μεταλλικής αντηρίδας σε επόμενο στάδιο
- (5) Εκσκαφή περίπου ως τη στάθμη της ερυθράς +1088.
- (6) Εφαρμογή στρώσεως ΕΣ, πλέγμα και διάτρηση αποσραγγιστικών οπών.
- (7) Μετά την εκσκαφή της σήραγγας, τοποθέτηση στη στάθμη +1092 μεταλλικής αντηρίδας.
- (8) Εκσκαφή στην προβλεπόμενη στάθμη +1084,5 για την κατασκευή των αναστρόφου τόξου Cut+Cover.
- (9) Αφαίρεση της μεταλλικής αντηρίδας και κατασκευή ανωδομής φορέα C + C.



Σειρά εργασιών

- (1) Επανεπίχωση (+1095 ÷ +1100)
- (2) Κατασκευή πασσάλων εξωτερικής + εσωτερικής σειράς. Οι εσωτερικοί εναλλάξ με την εξωτερική σειρά. Οι εσωτερικές σκυροδετήσεις μέχρι τη στάθμη +1092.
- (3) Κατασκευή δοκού κεφαλόδεσμου Ω.Σ. (100 X 120 cm)
- (4) Εκσκαφή ως τη στάθμη έδρασης της θολωτής πλάκας +1092 περίπου και κατασκευή της θολωτής πλάκας.
- (5) Επανεπίχωση πάνω από τη θολωτή πλάκα.
- (6) Εκσκαφή κάτω από την θολωτή πλάκα μέχρι +1088. (Στάθμη – Ερυθράς) Περὶ το μέτωπο η εκσκαφή θα εκτελεσθεί έως τη στάθμη του top heading Εφαρμογή Ε.Σ., και πλέγματος, και αποστραγγιστικές οπές μεταξύ των πασσάλων.
- (7) Εκσκαφή στην προβλεπόμενη στάθμη +1084,5 για την κατασκευή του φορέα τελικής επένδυσης.



Φωτ. 1 και 2: Αποκόλληση (ρηγμάτωση) του άνω τμήματος του Νότιου πρανούς κάτω από του στόχους Σ5 και Σ6, με σύγχρονη εμφάνιση μεγάλης υδροφορίας (η οποία όμως εκτονώθηκε σύντομα).

